УДК 669.14:631.344.3

В. Н. Демидик

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

Парниковый эффект и производство стали

Проанализированы закономерности развития парникового эффекта и влияние на него Киотского протокола. Показана зависимость эмиссии парниковых газов от способов получения металлургической продукции. Предложены варианты уменьшения объемов эмиссионных газов и их утилизации.

Ключевые слова: *парниковый эффект, сталь, эмиссия, производство*

О социальных последствиях, связанных с ухудшением экологических условий, и техногенных катастрофах пишут много, но, в основном, отдельно от темы индустриального развития. Однако эти явления очень тесно связаны.

Человечество уже ощутило и осознало пагубность производства при отсутствии тщательного контроля за сопутствующими при этом негативными факторами. Технологическая деятельность человека привела к ряду климатических изменений, в том числе к глобальному потеплению.

Еще в 1824 г. французский физик Жозеф Фурье выяснил, почему температура атмосферы планеты примерно на 10° выше, чем должна быть по всем расчетам энергетического баланса климата. Раннее ученые подсчитали этот баланс, сопоставив то тепло, которое приносит солнечный свет, и то, которое Земля отражает в космос, однако цифры не сходились. Фурье первым понял, что отдельные газы в атмосфере планеты улавливают тепло и сдерживают его. Он назвал открытое им явление парниковым эффектом. Как доказал позже другой ученый, Джон Тиндэлл, таким газом является углекислый газ, который способствует накоплению тепла на поверхности планеты.

В 1898 г. Сванте Аррениус, лауреат Нобелевской премии, подсчитал, что удвоение концентрации CO_2 в атмосфере повысит температуру на планете на 4-6 °С. Но в те времена разговоры о потеплении были лишь теорией. И только в 1960-х годах американский ученый Чарльз Килинг доказал, что уровень CO_2 увеличивается. В 1972 г. исследователи предсказали, что к 2000 г. средняя температура на планете поднимется на 15 °С. Но 2000 года ждать не пришлось, в начале 1980-х глобальное потепление стало очевидным благодаря измерениям метеорологических станций, расположенных по всему миру. В 1992 г. на саммите в Рио-де-Жанейро мировые лидеры подписали исторический документ – Конвенцию об изменении климата, ее назначение – «стабилизация концентрации парниковых газов в атмосфере на уровне, который воспрепятствует опасному влиянию на климатические системы».

В 1997 г. был подписан Киотский протокол – международный документ, обязывающий развитые страны и страны с переходной экономикой сократить объем выбросов парниковых газов в 2008-2012 гг. на 5,2 % по сравнению с показателями 1990 г. Создан механизм продажи квот. Предусмотренные Киотским протоколом обязанности стран распространяются на шесть парниковых газов (ПГ): диоксид углерода (CO_2), метан (CH_4), закись азота (N_3O), гидрофторуглероды (ГФУ), перфторуглероды (ПФУ), гексафторид серы (SF_6).

К сожалению, за прошедшие годы было сделано мало. На самом деле в 2008 г. выбросы CO_2 от сжигания ископаемых видов топлива по сравнению с 1990 г. стали на 40 % выше. Средняя температура на планете продолжает подниматься.

Ключевую роль в этих процессах играют энергетическая, горно-металлургическая, химическая отрасли. На мировую черную металлургию приходится до 20 % промышленных выбросов парниковых газов.

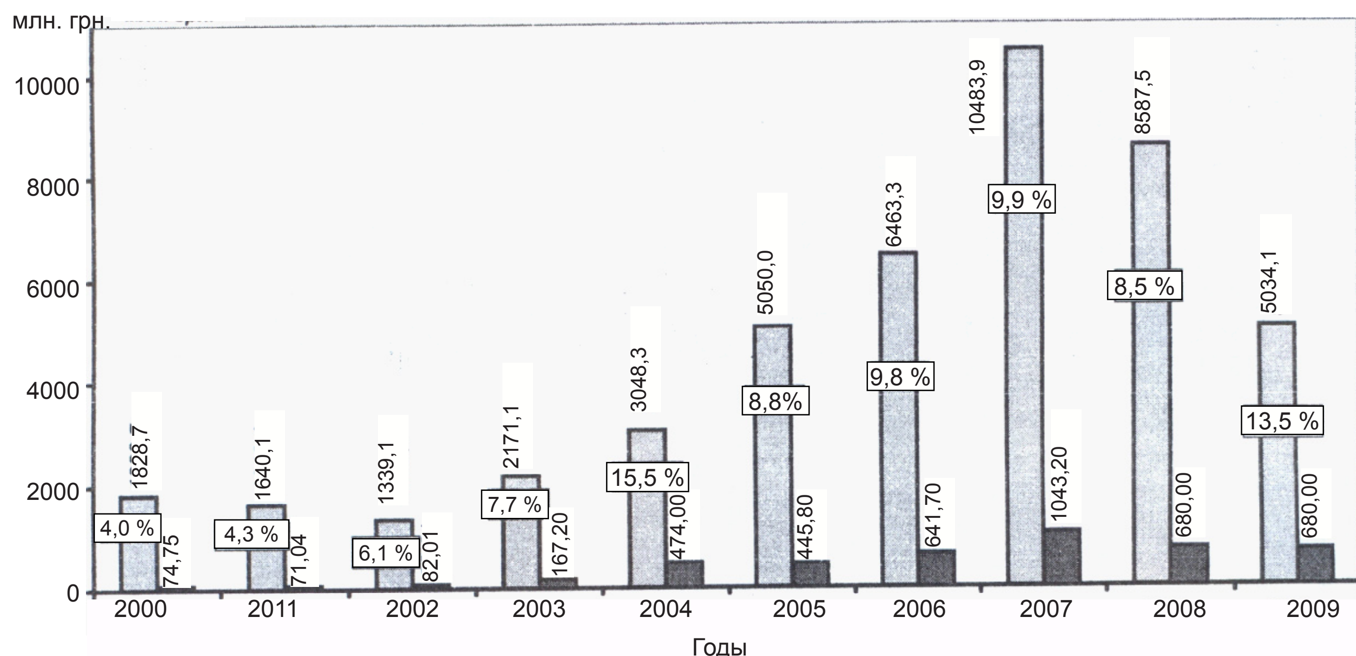
В феврале 2004 г., после ратификации Киотского протокола Верховной Радой, Украина стали 121-й страной, которая согласилась ограничить свои выбросы парниковых газов в атмосферу. Украина получила значительные преимущества, так как на 1990 г. пришелся максимум металлургического производства. К тому же Украина относится к странам с переходной экономикой, к которым требований по снижению объемов выбросов меньше. Таким образом, представилась возможность реализовать неиспользованные квоты по выбросам (146 млн. т) на сумму до 2,5 млрд. долларов.

Необходимо отметить, что рост объемов производства стали, естественно, увеличивает выбросы CO_2 – это 80-90 млн. т в год. Вероятно, отечественные экспорты энергоемкой продукции занимаются легальным экспортом квот на выбросы парниковых газов, спрятанных в каждом миллионе долларов, полученных от экспорта чугуна, стали и другой продукции. Правительство должно контролировать скрытый экспорт национальных квот на выбросы парниковых газов [1]. Тогда и затраты на окружающую среду не будут такими малыми и неэффективными (рисунок).

В то же время черная металлургия Украины имеет достаточный потенциал для снижения выбросов парниковых газов, и в первую очередь за счет реструктуризации неэффективных мощностей и внедрения прогрессивных ресурсосберегающих технологий. К числу наиболее крупных резервов можно отнести замену мартеновского способа производства на кислородно-конвертерный и электродуговой способы, а также переход с разливки стали в изложницы на непрерывную разливку. Изменения структуры производства стали в Украине за 1990-2009 гг. приведены в табл. 1.

VISIT…

LANZAROTE Caliente.com



Показатели освоения капитальных инвестиций (▫), в том числе на охрану окружающей среды (▪) предприятий, входящих в объединение «Металлургпром» в процентном соотношении

Таблица 1

Изменение структуры производства стали в черной металлургии Украины за 1990-2009 гг.

Показатели	Отчетные данные, годы					
	1990	1995	2000	2005	2007	2009
Производство стали, млн. т	49,8	22,3	31,8	38,6	40,9	29,8
Доля, %: – конвертерной стали	42,7	42,9	46,9	51,2	51,4	69,2
– мартеновской стали	54,1	53,8	49,9	45,2	44,8	26,3
– электростали	3,2	3,3	3,0	3,6	3,8	4,5
– непрерывной разливки	7,8	16,1	18,9	29,5	34,2	48,4

За счет вывода неэффективных мощностей доля прогрессивных (конвертерного и электросталеплавильного) способов производства стали возросла, а доля непрерывной разливки стали увеличилась в 6 раз. Изменения в объемах парниковых газов черной металлургии за этот же период представлены в табл. 2.

Сравнение табличных данных показывает, что за период начавшейся реструктуризации отрасли объем выбросов ПГ в 2009 г. по сравнению с 1990 г. сократился, что связано, в основном, с объемом производства.

Если рассмотреть выбросы CO_2 при различных способах производства стали, то наиболее экологичным является электросталеплавильный процесс (табл. 3). И если исключить из призводства мартеновский процесс, то уменьшение выбросов CO_2 в 2009 г. было бы на 12,5 млн. т меньше.

На металлургических предприятиях необходимо проводить системный мониторинг объемов выбросов парниковых газов и энергоемкости металлопродукции на базе параметра углеродоемкости. В странах ЕС и США поднимается вопрос об ограничении импорта металлопродукции с индексом углеродоемкости выше национальных стандартов (0,50 % С). Такой низкий показатель объясняется большим объемом производимой электростали и отсутствием многих вспомогательных переделов. Углеродоемкость металлургической продукции России составляет 0,65-0,70 % при объеме производства электростали более 30 %; можно только предположить, насколько выше углеродоемкость продукции Украины при менее 5 % производимой электростали. Это может привести к ограничению импорта украинской

Таблица 2

Объем выбросов парниковых газов в черной металлургии Украины за 1990-2009 гг.

Показатели	Годы				
	1990	2000	2005	2007	2009
Производство стали, млн. т/%	49,8/100	31,8/63,9	38,6/77,5	40,9/82,1	29,8/59,8
Производство проката, млн. т/%	38,6/100	22,6/58,5	33,4/86,5	36,2/93,8	26,8/69,4
Выбросы CO_2, всего, млн. т	124,5	76,3	88,8	89,9	59,6
Снижение выбросов CO_2, %	100,0	61,3	71,3	72,2	47,9
Выбросы CO_2 на 1 т стали, т	2,5	2,4	2,3	2,2	2,0
Выбросы CO_2 на 1 т проката, т	3,5	3	2,5	2,7	2,2

Таблица 3

Сокращение выбросов CO_2, при замене мартеновских печей дуговыми сталеплавильными

Технологический процесс	Производство в 2009 г.			После замены		
	жидкая сталь, млн. т/год	удельные выбросы CO_2, т/т стали	общие выбросы CO_2, млн. т/год	жидкая сталь, млн. т/год	удельные выбросы CO_2, т/т стали	общие выбросы CO_2, млн. т/год
Конвертерный	20,7	2,00	41,40	20,7	2,00	41,40
Мартеновский	7,8	2,20	17,16	–	–	–
Электросталеплавильный	1,3	0,60	0,78	9,1	0,60	5,46
Всего:	*29,8*	*1,99*	*59,34*	*29,8*	*1,57*	*46,86*
Сокращение выбросов CO_2	–	–	–	–	–	12,48

продукции в Евросоюз и США как энергоемкой и, соответственно, углеродосодержащей. Таких же принципов будут обязаны придерживаться и азиатские страны, и данная цепная реакция может значительно сократить экспортный потенциал Украины как одной из наиболее углеродосодержащих экономик мира. Нельзя забывать, что металлургическая продукция является основой экспортных валютных поступлений. Это еще один фактор, подтверждающий необходимость более масштабного ввода электродуговых печей на предприятиях Украины. По оценке Всемирной ассоциации стали, долю выплавки электростали в мире можно довести до 43 % вместо имеющих место в настоящее время 30, что позволит снизить выбросы CO_2 на 200 млн. т.

По выбросам CO_2 имеет преимущество изменение схемы получения стали доменная печь – кислородный конвертер на внедоменное получение металлизованного сырья, электродуговую печь. Суммарная величина удельных выбросов CO_2 по схеме ДП-КК составила 1720 кг/т, Мидрекс-ДСП – 1090, то есть удельные выбросы CO_2 уменьшились на 630 кг/т [2].

На металлургических предприятиях полного цикла, использующих первичное сырье, наибольшую долю выбросов парниковых газов (%) дают доменные печи – 32, далее идут ТЭЦ-ПВЭС – 25, сталеплавильные агрегаты – 10, прокатное производство – 8, на остальные цехи приходится ≈20 [3].

В 2008 г. Всемирная ассоциация стали разработала методику сбора данных по выбросам CO_2 от компаний черной металлургии. Ее база данных включает информацию 200 компаний, на которые приходится более 40 % мировых производственных мощностей. Соответствующую методику разработал и ЦНИиЧермет им. И. А. Бардина (Россия).

В Украине УкрГНТЦ «Энергосталь» разработал метод расчета эмиссии диоксида углерода на производство единицы товарной продукции металлургических предприятий. Этот способ позволяет прогнозировать изменения выбросов CO_2 на предприятии в зависимости от технологических изменений производства, в частности, дает возможность достаточно полно оценить влияние замены мартеновских цехов конвертерными с одновременным внедрением непрерывной разливки стали. Методика опробована на ряде металлургических предприятий [4].

В настоящее время экономное использование энергии актуально вследствие дальнейшего роста неуверенности на энергетических и сырьевых рынках, а также все более острых дебатов по проблемам изменения климата. При современных обстоятельствах начинает проявляться интерес к таким ресурсам, которые до настоящего времени эксплуатировались недостаточно, в частности выбрасываемым газам.

Технологические процессы, происходящие в металлургических агрегатах, дают отличную возможность для превращения первичной энергии расходуемого угля во вторичную энергию газообразных энергоносителей. Богатый энергией коксовый газ, образующийся при получении кокса за счет возгонки угля, имеет показатель эмиссии CO_2 на 28 % ниже, чем природный газ. Коксовый газ используется для поджигания коксовых батарей, в зажигательных горнах агломерационных машин, нагревательных печах прокатных цехов, а также для выработки электроэнергии в энергоцехах. Колошниковый газ из доменных печей, применяют для нагрева в воздухонагревателях доменных печей, поджигания коксовых батарей и производства электроэнергии. Газ из кислородного конвертора, характеризуемый низким содержанием серы и отличной теплотворной способностью, может быть использован в нагревательных печах прокатных цехов и при других высокотемпературных процессах вместо природного газа. Такая сложная и эффективная система оптимального расходования энергии сочетается с интенсивной утилизацией энергии в пределах металлургического завода с полным циклом.

Эффективным фактором использования энергии и снижения выбросов может быть применение кислорода в процессах горения. Горение топлива, насыщенного чистым кислородом, по сравнению с горением в среде атмосферного воздуха ведет к удвоению термодинамического КПД, снижению более чем на 40 % расхода топлива и вносит значительный вклад в снижение выбросов CO_2 и NO_x. Развитие технологий беспламенного горения в последние годы и использование соответствующих топливно-кислородных горелок являются шагом на пути к новому этапу оптимизации процессов горения с целью сокращения потребления энергии и снижения выбросов CO_2 и NO_x.

Для использования энергии доменного газа экономически целесообразна установка газовых утилизационных бескомпрессорных турбин (ГУБТ) с выработкой электроэнергии; срок окупаемости данного мероприятия составляет для доменных печей различного объема от 2 до 3 лет [5].

Экологическая оценка мероприятия при установке ГУБТ проводится по показателям эмиссии парниковых газов. Применение энергии доменного газа для выработки электроэнергии при этом экономит топливо (природный газ), которое было бы израсходовано для производства электроэнергии. Данные об эмиссии парниковых газов (в пересчете на эквивалент CO_2) рассчитаны по количеству выработанной электричества и сэкономленного природного газа (табл. 4) [6].

В Японии ГУБТ установлены на всех доменных печах, что, естественно, способствует сокращению выбросов ПГ.

Эффективный энергосберегающий проект газотурбинной электростанции (ПГЭ) компании Mitsubishi (Япония), освоен на Алчевском металлургическом комбинате. Электростанция работает исключительно на вторичном сырье (смеси металлургических газов: доменного, коксового и конвертерного). Очевидное технико-экономическое преимущество ПГЭ состоит в том, что ее КПД достигает 45 %, что превышает аналогичную характеристику отечественных установок традиционной энергетики на 15 %, а ТЭЦ Алчевского меткомбината – на 27.

Таблица 4

Данные об эмиссии парниковых газов (в пересчете на эквивалент CO_2)

Эмиссия парниковых газов при установке ГУБТ для печей объемом 1513-5000 м^3				
Параметр	1513	2000	2700	5000
Годовая выработка электроэнергии, ГВт/г.	48	66,8	83,1	187,7
Уменьшение эмиссии ПГ, тыс. т/г.	17,9	25	30,1	69,1

Ввод ПГЭ позволяет среднестатистическому украинскому металлургическому комбинату вообще приостановить закупку электроэнергии в энергопередающих компаний и генерировать ее на основе вторичных энергоресурсов (а сегодня на предприятия черной металлургии приходится около 11 % общенационального потребления электроэнергии), а также сократить затраты коксовых углей на 30 %, и природного газа – втрое.

Кроме энергосберегающего характера, существенным преимуществом ПГЭ является экологическая составляющая ее эксплуатации. В результате осуществления этого инновационного проекта ОАО «Алчевский металлургический комбинат» сможет уменьшить до 2012 г. вредные углеродные выбросы до 7 млн. т и производить 2,5 млрд. кВт·ч электроэнергии в год, полностью покрыть собственные производственные потребности и реализовать остаток (600 млн. кВт·ч) на внутреннем энергорынке.

Металлургическая промышленность на основе эффективной утилизации вторичных энергоресурсов сможет оснастить комбинаты аналогичными ПГЭ суммарной мощностью 1985 МВт (табл. 5, расчеты Института проблем экологии и энергосбережения) [7].

В среднесрочной перспективе (2011-2012 гг.) использование ПГ в основных металлургических производствах (чугун, сталь, прокат) в количестве 5800 млн. м^3 может быть полностью исключено. Общая прямая экономия ПГ в металлургическом производстве может составить 6788 млн. м^3.

Учитывая то, что в течение следующих 40 лет (2010-2050 гг.) спрос на сталь и ее выплавку может возрасти в 2 раза, достигнув 2,5 млрд. т в год, необходимо снизить удельные выбросы парниковых газов также в 2 раза, чтобы удержать их на уровне 2010 г.

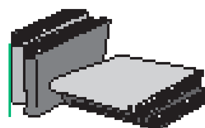
Дальнейшее развитие инновационных технологий,

Таблица 5

Энергетический и экологический потенциалы внедрения ПГЭ на металлургических комбинатах Украины

Предприятия	Выпуск продукции в 2006 г.			Энергетический потенциал вторичных ресурсов, МВт	Потенциал генерации электроэнергии, кВт·ч/год	Сокращение выбросов CO_2, млн. т/год
	чугун, млн. т	конвертерная сталь, млн. т	кокс, млн. т			
ДМЗ им. Петровского	1,49	1,30	–	85	745	0,64
Алчевский МК с участием Алчевского КХЗ	2,96	–	2,74	217	1901	1,62
ММК им. Ильича	5,30	3,50	–	294	2575	2,19
Mittal Steel - Кривой Рог	6,80	5,69	2,70	455	3986	3,39
Енакиевский МЗ	2,20	2,50	0,00	131	1148	0,97
Макеевский МЗ	1,29	–	1,48	102	894	0,76
«Запорожсталь»	3,54	–	–	176	1542	1,31
ДМК им. Дзержинского	2,88	3,63	–	174	1524	1,30
МК «Азовсталь»	5,02	4,30	2,53	351	3075	2,61
Суммарный потенциал				*1985*	*17390*	*14,79*

направленных на сбережение энергии и ресурсов, становится жизненно необходимым для поддержания устойчивого развития отрасли и сохранения климата.



ЛИТЕРАТУРА

1. *Поплавська Ж., Поплавський В.* Інтелектуальний капітал економіки знань // Вісник НАН України. – 2007. – № 2. – С. 53-61.
2. *Дитер Троллер.* Экологические преимущества электрометаллургических мини-заводов в свете Киотского протокола // Электрометаллургия. – 2006. – № 3. – С. 10-14.
3. *Шевелев Л.* Мировой рынок стали в оценках специалистов. // Металлы Евразии. – 2010. – № 1. – С. 58-62.
4. Особенности и прогнозирование эмиссии парниковых газов на металлургических предприятиях Украины / Д. В. Сталинский, В. Г. Литвиненко, А. Л. Каневский, Т. А. Андреева // Металл и горнорудная промышленность. – 2010. – № 2. – С. 239-243.
5. *Большаков В., Тубольцев Л.* Дегазация. // Металл. – 2007. – № 3. – С. 16-18.
6. Решение проблем очистки доменного газа и энергосбережения / Д. В. Сталинский, Г. М. Каненко, В. В. Алхасова и др. // Сталь. – 2008. – № 6. – С. 85-90.
7. *Ермилов С. Ф.* Государственная политика энергоэффективности в украинском и европейском контексте / Доклад на VII Международном конгрессе «Энергетика. Экология. Человек». – Киев, 2007.

Анотація

Демидик В. М.

Парниковий эфект та виробництво сталі

Проаналізовано закономірності розвитку парникового ефекту та роль впливу на нього Кіотського протоколу. Показано залежність емісії парникових газів від способів отримання металургійної продукції. Запропоновано варіанти скорочення об'ємів емісійних газів та їхньої утилізації.

Ключові слова

парниковий ефект, сталь, емісія, виробництво

Summary

Demidik V.

Greenhouse effect and steel production

The analysis of regularities in greenhouse effect development and influence of the Kyoto Protocol on it is given. Dependence of greenhouse gases emission on metallurgical production methods is shown. Variants of emission gases decreasing and its utilization are offered.

Keywords

greenhouse effect, steel, emission, production

Поступила 16.02.11